

การพัฒนาระบบสารสนเทศควบคุมเครื่องเติมอากาศสมองกลอัตโนมัติ พลังงานแสงอาทิตย์

The Development of the Information System to Control the Automatic Solar-Powered Aerator

ไพโรจน์ ขาวผ่อง¹

บุญทรสา อุ่นเลิศ^{1*}

คณะวิทยาศาสตร์สุขภาพและเทคโนโลยี วิทยาลัยเทคโนโลยีภาคใต้¹

*e-mail: poontarasa@sct.ac.th

Phairot Khaophong¹

Poontarasa Ounlert¹

Faculty of Health Science and Technology, Southern College of Technology¹

Received: May 20, 2023, Revised: August 25, 2023, Accepted: September 7, 2023

บทคัดย่อ

เครื่องเติมอากาศเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยเพิ่มออกซิเจนให้แก่ น้ำ ทำให้น้ำมีคุณภาพที่ดีขึ้นและแหล่งน้ำนั้นมีความอุดมสมบูรณ์เพิ่มขึ้น ปัจจุบันเครื่องเติมอากาศส่วนใหญ่ใช้พลังงานจากเครื่องยนต์หรือไฟฟ้าขับเคลื่อนเพื่อเติมออกซิเจนให้กับน้ำ ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานสูงรวมถึงมีค่าใช้จ่ายด้านการซ่อมบำรุงเพิ่มขึ้นเนื่องจากการเปิดใช้งานเครื่องตลอดเวลา งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศควบคุมเครื่องเติมอากาศสมองกลอัตโนมัติพลังงานแสงอาทิตย์ การออกแบบและพัฒนาระบบสารสนเทศควบคุมเครื่องเติมอากาศสมองกลอัตโนมัติพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นการออกแบบและพัฒนาโดยใช้วงจรการพัฒนาแบบ (SDLC) และประเมินประสิทธิภาพของระบบทั้งในห้องปฏิบัติการและในแหล่งน้ำธรรมชาติโดยการทดสอบสัดส่วนของค่าที่ถูกต้องตามเกณฑ์ที่กำหนดอย่างน้อย 90% ที่ระดับนัยสำคัญ .05 จากการเก็บข้อมูลค่าออกซิเจน ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าอุณหภูมิในแหล่งน้ำธรรมชาติ จำนวน 100 ครั้ง ผลการวิจัย พบว่า ระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้นสามารถควบคุมและสั่งการเครื่องเติมอากาศให้เติมอากาศในน้ำได้โดยอัตโนมัติเมื่อปริมาณออกซิเจนในน้ำต่ำกว่าค่าที่กำหนดและหยุดเติมอากาศเมื่อปริมาณออกซิเจนในน้ำมีค่าเท่ากับหรือสูงกว่าค่าที่กำหนด และสามารถแสดงผลในรูปแบบของกราฟได้ ส่วนการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบในห้องปฏิบัติการโดยใช้อุปกรณ์เซนเซอร์วัดค่าออกซิเจน ค่าความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิในน้ำ จำนวน 3 ครั้ง พบว่า อุปกรณ์เซนเซอร์สามารถทำงานและวัดค่าได้ถูกต้องตรงกับค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ เมื่อทดสอบในแหล่งน้ำธรรมชาติ พบว่า ระบบสามารถสั่งการให้เครื่องทำงานและควบคุมให้หยุดทำงานโดยอัตโนมัติและวัดค่าออกซิเจน ($Z=2.33$) ค่าความเป็นกรด-ด่าง ($Z=2.66$) และอุณหภูมิในน้ำ ($Z=3.33$) ได้ถูกต้องตามเกณฑ์มากกว่า 90% ที่ระดับนัยสำคัญ .05 โดยเกษตรกรสามารถนำเครื่องเติมอากาศสมองกลอัตโนมัติพลังงานแสงอาทิตย์ไปใช้บำบัดน้ำเสียสำหรับการเลี้ยงสัตว์น้ำในพื้นที่ห่างไกลจากที่ไม่มีไฟฟ้าและ/หรือสามารถลดภาระค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของเกษตรกรในระยะยาวได้

คำสำคัญ: ระบบสารสนเทศ ระบบสมองกลฝังตัว เครือข่ายไร้สาย เครื่องเติมอากาศ โซลาร์เซลล์

Abstract

The aerator is a machine used to add oxygen level in water, which will improve water quality and enhance the fertility of water resource. Nowadays most aerators depend on engines or electricity to add oxygen to water. As a result, the costs of energy and maintenance are high due to ongoing usage of the machine. This research aims to develop the information system to control the automatically computerized solar aerator. The design and development of the information system are based on the system development life cycle (SDLC). The efficiency of the system is evaluated both in the laboratory and in natural water resources by conducting the proportional testing to measure the accuracy of the system against predefined criteria with the minimum requirement of 90% at the significance level of .05 level of confidence. The research collected oxygen levels, pH levels, and temperature in the natural water resources for a total of 100 instances and found that the developed information system could control and commanded the machine to add oxygen when the oxygen level in the water fell below the required threshold. The developed information system could stop the aerator when the oxygen level reached or exceeded the required threshold. In addition, the developed information system could present results in a graphical format. For the efficiency evaluation of the information system in the laboratory, the sensors were conducted to measure oxygen, pH, and temperature 3 times. The measurements were accurate according to the predefined standards. When conducting the efficiency evaluation in the natural water resources, the developed information system could command the machine to operate and stop the air replenishment automatically. Oxygen ($Z=L.33$), pH levels ($Z=2.66$), and water temperature ($Z=3.33$) were measured accurately according to predefined criteria with the significance level of more than 90% at the .05 level of confidence. Farmers can utilize the automatic solar-powered aerator to treat waste water for aquaculture in remote areas where electricity is unavailable and/or to lower costs of electricity in the long term.

Keywords: Information System, Embedded Systems, Wireless Network, Aerators, Solar Cells

บทนำ

การเติมออกซิเจนหรือการเติมอากาศในน้ำโดยอาศัยเครื่องเติมอากาศ มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนของน้ำในแหล่งน้ำ ซึ่งออกซิเจนเป็นก๊าซที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของทั้งพืชและสัตว์ รวมถึงมนุษย์ด้วย เพราะต้องถูกนำไปใช้ในกระบวนการต่าง ๆ เพื่อก่อให้เกิดพลังงาน ถ้าในน้ำมีปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอจะส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำที่ใช้ออกซิเจนในการหายใจ ไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ในน้ำได้และส่งผลให้เกิดน้ำเน่าเสียในที่สุด เครื่องเติมอากาศจะช่วยให้มีคุณภาพที่ดีขึ้นและแหล่งน้ำนั้นมีความสมบูรณ์เพิ่มขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้สัตว์น้ำและสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ ออกซิเจนในน้ำหรือออกซิเจนละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen: DO) หมายถึง ปริมาณออกซิเจนซึ่งละลายอยู่ในน้ำ โดยปกติออกซิเจนที่ละลายในน้ำได้มาจากบรรยากาศและการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชน้ำ

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ จะแปรผกผันกับอุณหภูมิและความเข้มข้นของแร่ธาตุที่ละลายในน้ำ ถ้าหากอุณหภูมิและความเข้มข้นของแร่ธาตุในน้ำสูง ออกซิเจนจะละลายในน้ำได้น้อยลง น้ำในธรรมชาติทั่วไปปกติจะมีค่า DO ประมาณ 5-7 mg/L มาตรฐานน้ำที่มีคุณภาพดี จะมีค่า DO ประมาณ 5 – 8 mg/L น้ำเสียจะมีค่า DO ต่ำกว่า 3 mg/L (Nakhon Nayok Fisheries Provincial Office, 2021) ปัจจุบันเครื่องเติมอากาศส่วนใหญ่ใช้พลังงานจากเครื่องยนต์หรือไฟฟ้าขับเคลื่อนเพื่อเติมออกซิเจนให้กับน้ำ ทำให้มีค่าใช้จ่ายสูง และการเปิดเครื่องเพื่อทำงานตลอดเวลาจะทำให้อายุการใช้งานเครื่องสั้นลงและมีค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงเพิ่มมากขึ้น

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนย์สุตรจึงทำให้ได้รับแสงอาทิตย์อย่างต่อเนื่องและคงที่ตลอดทั้งปี โดยความเข้มรังสีรวมของดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีของพื้นที่ทั่วประเทศพบว่า มีค่าเท่ากับ 18.0 MJ/m² – day หรือ 5.0 kWh/m²/

day ซึ่งเป็นปริมาณที่เพียงพอสำหรับพัฒนาและใช้ประโยชน์ แสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่ใช้ได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่ายและมี ปริมาณที่ไม่จำกัด ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะ สามารถนำไปใช้ ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ได้อย่างหลากหลาย นอกจากนี้ใน ปัจจุบันประเทศไทยได้ก้าวสู่ยุคประเทศไทย 4.0 ที่เทคโนโลยี พัฒนาเข้าสู่ยุคที่เรียกว่า อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things, IoT) เครื่องมือ เครื่องใช้ อุปกรณ์และระบบต่าง ๆ ถูกพัฒนาให้เชื่อมต่อถึงกันเป็นเครือข่ายเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูล ระหว่างกันบนระบบอินเทอร์เน็ต สามารถรับรู้ ตัดสินใจ และมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างอุปกรณ์บนพื้นฐานของการวิเคราะห์ และประมวลผลข้อมูลที่เก็บได้จากเซนเซอร์ที่ใช้วัดค่าต่าง ๆ (Al-Fuqaha, Guizani, Mohammedi, Aledhari, & Ayyash, 2015) ซึ่งช่วยให้การดำรงชีวิตสะดวกสบายยิ่งขึ้น IoT ถูกนำไปประยุกต์ใช้กับหลายสิ่งหลายอย่างทั่วโลก รวมไปถึงการทำ เกษตรเพื่อใช้ในการบริหารจัดการฟาร์มอย่างมีประสิทธิภาพโดย ใช้แรงงานคนให้น้อยที่สุด ลดต้นทุนการผลิต แต่เพิ่มคุณภาพ ผลผลิต และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เช่น การใช้เซนเซอร์วัดค่า ความชื้นในดิน เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ เซนเซอร์วัดแร่ธาตุในดิน เซนเซอร์วัดปริมาณออกซิเจน เซนเซอร์วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง เป็นต้น

ดังนั้น การพัฒนาระบบสารสนเทศควบคุมเครื่องเติม อากาศสมองกลอัตโนมัติพลังงานแสงอาทิตย์และรับ-ส่งข้อมูล ผ่านเครือข่ายไร้สาย จะช่วยให้เกษตรกรหรือผู้ใช้งานสามารถ ลดแรงงานคนในการควบคุมเครื่องเติมอากาศ ลดภาระค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ขับเคลื่อนมอเตอร์ ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้กับแหล่งน้ำธรรมชาติและบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ทำให้สามารถใช้ประโยชน์จากน้ำในแหล่งน้ำเพื่อการอุปโภค บริโภค หรือใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้อย่างปลอดภัย

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศควบคุมเครื่องเติมอากาศ สมองกลอัตโนมัติพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมการรับส่งข้อมูล ผ่านเครือข่ายไร้สาย

ทบทวนวรรณกรรม

อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things, IoT)

IoT เป็นกรอบแนวคิดของระบบโครงข่ายที่รองรับ การเชื่อมต่อกับอุปกรณ์หลากหลายชนิดเข้าด้วยกัน ตั้งแต่ คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์เคลื่อนที่ อุปกรณ์โครงข่าย อุปกรณ์ อิเล็กทรอนิกส์ เซนเซอร์ และวัตถุต่าง ๆ อันเป็นผลให้ระบบ ต่าง ๆ สามารถติดต่อสื่อสารและทำงานร่วมกันได้อย่างเป็น อัตโนมัติ และมนุษย์เองสามารถเข้าถึงข้อมูลได้หลากหลายยิ่งขึ้น ควบคุมอุปกรณ์และระบบต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

สามารถจัดกลุ่มการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ เข้ากับโครงข่าย อินเทอร์เน็ต ได้ตามรูปแบบดังต่อไปนี้ (Office of The National Broadcasting and Telecommunication Commission, 2017)

1. การเชื่อมต่อผ่านอุปกรณ์สื่อสารระยะสั้น (Short-Range Devices) เป็นรูปแบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์ ในระยะ สั้นมากโดยใช้กำลังส่งต่ำมาก เหมาะสำหรับการสื่อสารในพื้นที่ ครอบคลุมขนาดเล็ก ซึ่งอยู่ในลักษณะการเชื่อมต่อระหว่าง อุปกรณ์ (Peer-to-peer) หรือการเชื่อมต่อแบบโครงข่ายก็ได้ เช่น WiFi, Bluetooth, Z-Wave และ ZigBee เป็นต้น

2. การเชื่อมต่อผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ เป็น รูปแบบการให้บริการที่มีพื้นที่ครอบคลุมกว้าง โดยอาศัยการ เชื่อมต่ออุปกรณ์เครื่องลูกข่าย IoT เข้ากับโครงสร้างพื้นฐาน ของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่มีอยู่แล้ว เช่น เทคโนโลยี NB-IoT และ LTE-M เป็นต้น

3. การเชื่อมต่อผ่านโครงข่าย LPWAN เป็นรูปแบบ การเชื่อมต่อผ่านโครงข่ายกำลังส่งต่ำบริเวณกว้าง (Low Power Wide Area Network: LPWAN) โดยเน้นใช้งานในลักษณะ การสื่อสารแบบ Narrow Band หรือ Ultra Narrow Band ที่มีอัตราการส่งข้อมูลต่ำมาก ประหยัดพลังงานมาก และมี ราคาอุปกรณ์ต่อหน่วยที่ต่ำ เช่น LoRaWAN, SigFox และ Ingenu เป็นต้น

4. การเชื่อมต่อผ่านโครงข่ายสื่อสารดาวเทียม เป็นรูปแบบการเชื่อมต่อที่เหมาะสมกับการใช้งานที่มีพื้นที่ ครอบคลุมการให้บริการที่กว้างมาก แต่การเชื่อมตอดังกล่าว จะมีระยะเวลาการตอบสนอง (Latency) ช้ากว่าการเชื่อมต่อ รูปแบบอื่น ๆ เนื่องจากระยะเวลาที่สัญญาณเดินทางไป-กลับ ระหว่างอุปกรณ์สื่อสารภาคพื้นโลกและดาวเทียม (Office of The National Broadcasting and Telecommunication Commission, 2017)

ระบบสมองกลฝังตัว (Embedded Systems)

ระบบสมองกลฝังตัว เปรียบเสมือนเครื่องคอมพิวเตอร์ ส่วนบุคคล (Personal Computer) ที่มีการย่อขนาดให้เล็กลง เหลือเพียงแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กเพื่อนำไปใส่ใน อุปกรณ์ต่าง ๆ ให้ทำงานได้เองโดยอัตโนมัติเสมือนมีสมอง กลฝังตัวอยู่ภายใน (Kaewta, Khantikachenchart, & Thongsan, 2018) โดยมีการประยุกต์ใช้ระบบสมองกลฝังตัว ในงานด้านต่าง ๆ เช่น การศึกษาและพัฒนาระบบสมองกลฝัง ตัวเพื่อตรวจวัดคุณภาพน้ำสำหรับการเพาะเลี้ยงปลาในกระชัง (Konglumpun, 2017) การออกแบบและสร้างระบบควบคุม ความเป็นกรด-ด่างและออกซิเจนละลายน้ำในบ่อเลี้ยงปลา แพนซีคาร์พ (Somchaiwong, Intayuang, Paoka, &

Namaung, 2017) เป็นต้น พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นพลังงานทดแทนประเภทหมุนเวียนที่ใช้แล้วเกิดขึ้นใหม่ได้ตามธรรมชาติ และเป็นพลังงานที่มีศักยภาพสูง ทำให้มีการใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ในการพัฒนาระบบเดิมอากาศ เช่น การออกแบบและสร้างเครื่องเติมอากาศกังหันตึ้นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ (Kaewsuwan, & Sudsomboon, 2015; Termkla, Prathaithep, & Khuntong, 2019; Sonsanam, Phoosomma, Nisapakul, & Intarachai, 2022) กังหันน้ำเติมอากาศแบบสามท่อนใช้พลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Musika, Pluem-arom, Kosaipat, Kheowree, & Watchanathepin, 2015) เป็นต้น การใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT ในการพัฒนาระบบสารสนเทศควบคุมเครื่องเติมอากาศสมองกลอัตโนมัติพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมการรับส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายไร้สาย โดยใช้แผงโซลาร์เซลล์เป็นตัวเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าและนำพลังงานไฟฟ้าเพื่อให้งานแกมมอเตอร์และเชื่อมต่อกับอุปกรณ์เติมอากาศ อุปกรณ์แผงวงจรควบคุมการทำงานโดยใช้สมองกลฝังตัวควบคุมเซนเซอร์วัดปริมาณออกซิเจนในน้ำ เปิด-ปิดมอเตอร์ และส่งให้มอเตอร์เคลื่อนที่ไปยังจุดที่มีปริมาณออกซิเจนน้อยเพื่อเติมออกซิเจนในน้ำได้อย่างต่อเนื่อง รวมถึงสามารถทำงานได้ใกล้เคียงเวลาจริง (Real-time) ทำให้สามารถแก้ปัญหาได้ทันทั่วทั้งที่ โดย Musika, Pluem-arom, Kosaipat, Kheowree, & Watchanathepin (2015) กล่าวว่าระบบบำบัดน้ำเสียด้วยกังหันน้ำพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับระบบเติมอากาศในน้ำ เป็นการสร้างวิธีการเติมอากาศในน้ำที่มีคุณภาพต่ำหรือในแหล่งน้ำเสียให้มีคุณภาพที่ดีขึ้น ช่วยในการบำบัดน้ำเสียด้วยกังหันน้ำ สามารถเพิ่มออกซิเจนในน้ำให้สูงขึ้น และเหมาะสมกับการนำไปใช้ประโยชน์กับแหล่งน้ำในชุมชน เนื่องจากติดตั้งได้ง่ายและไม่ต้องวางระบบไฟฟ้าเพิ่มเติม นอกจากนี้ยังมีการศึกษาและพัฒนาชุดแจ้งเตือนค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำและสั่งการให้เครื่องเติมอากาศทำงานจนมีปริมาณค่าออกซิเจนละลายน้ำเป็นไปตามที่กำหนด เพื่อควบคุมปริมาณออกซิเจนให้เพียงพอต่อความต้องการของสัตว์น้ำ (Muangplub, Chaisayun, & Tadsuan, 2017) โดยมีการนำไปประยุกต์ใช้สำหรับเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงปลาในกระชังและเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งในบ่อ (Konglumpun, 2017; Intamas, Krainara, Khemwong, & Boonraksa, 2022) และ Suesuwan, Jittavisuttikul, & Wasuri (2022) ได้พัฒนาโมดูลตรวจวัดคุณภาพน้ำในเวลาจริงแบบเครือข่ายที่

สามารถจัดเก็บหรือรวบรวมข้อมูลตามเวลาจริง ทำให้สามารถแจ้งให้เกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้ทราบข้อมูลในช่วงวิกฤตของการเลี้ยงสัตว์น้ำและแก้ไขสถานการณ์ได้ทันเวลาก่อนที่จะส่งผลร้ายแรงกับสัตว์น้ำที่เพาะเลี้ยง

วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการพัฒนาระบบสารสนเทศควบคุมเครื่องเติมอากาศสมองกลอัตโนมัติพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมการรับส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายไร้สาย โดยใช้วงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC) ซึ่งเป็นขั้นตอนการพัฒนาซอฟต์แวร์ที่ถูกนำมาใช้ในการพัฒนาระบบสารสนเทศหลาย ๆ ระบบ ประกอบด้วย (1) การวางแผน (Planning) (2) การวิเคราะห์ (Analysis) (3) การออกแบบ (Design) (4) การพัฒนาและติดตั้ง (Implementation) และ (5) การบำรุงรักษา (Maintenance) (Eamsiriwong, 2017) ดังนั้น

1. การวางแผน (Planning)

ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร หนังสือและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและสร้างเครื่องเติมอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ รวมถึงการสำรวจสระน้ำที่เกษตรกรใช้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลความต้องการของผู้ใช้ โดยผู้ที่มีความต้องการระบบที่สามารถถ่ายเทอากาศในสระน้ำและสามารถลดต้นทุนด้านพลังงานเมื่อมีการใช้งานระบบ

2. การวิเคราะห์ (Analysis)

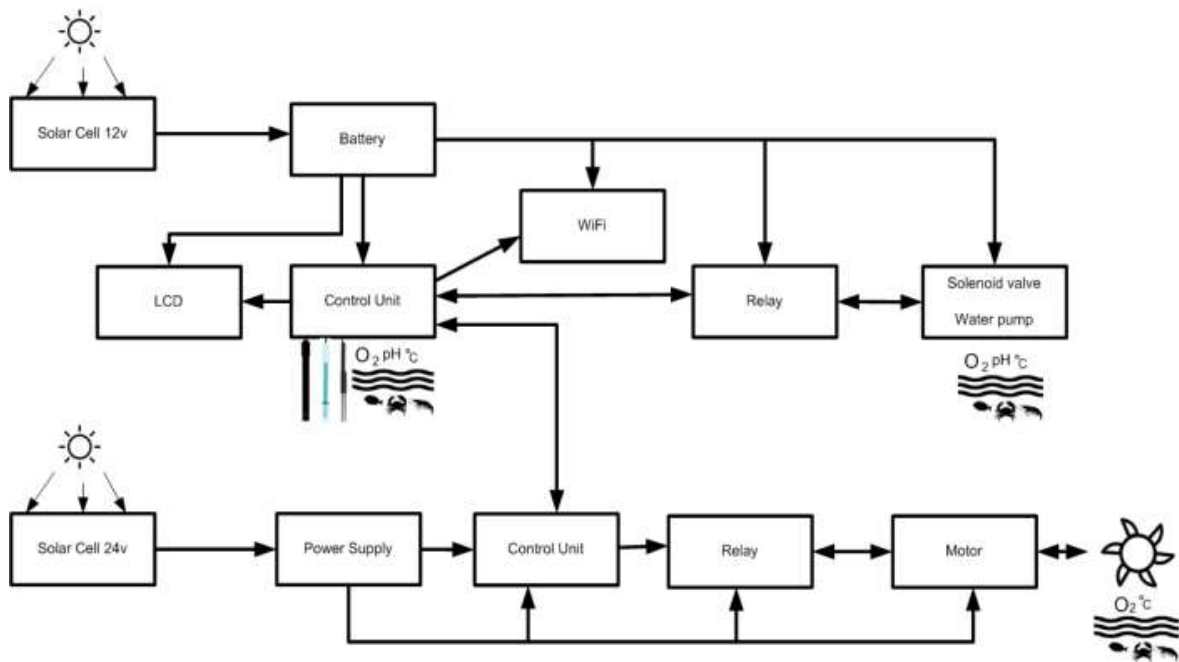
นำข้อมูลและความต้องการของผู้ใช้มาวิเคราะห์เพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศควบคุมเครื่องเติมอากาศสมองกลอัตโนมัติพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมการรับส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายไร้สาย

3. การออกแบบ (Design)

เป็นการออกแบบระบบงาน แบ่งเป็นการออกแบบฮาร์ดแวร์ การออกแบบซอฟต์แวร์และการนำเสนอข้อมูล ดังนี้

3.1 การออกแบบฮาร์ดแวร์ เป็นการออกแบบและสร้างโมเดลเครื่องเติมอากาศ (รูปที่ 1) ประกอบด้วย

1) ระบบให้พลังงานไฟฟ้า เป็นส่วนที่ทำหน้าที่สร้างพลังงานไฟฟ้าเพื่อให้หน่วยประมวลผลและอุปกรณ์อื่นสามารถทำงานได้ตลอดเวลา ประกอบด้วยอุปกรณ์ Solar Cell Mono 5-18V 30W, Battery, Solar Charge Controller, DC-DC converter



รูปที่ 1 การออกแบบฮาร์ดแวร์

2) ระบบปั้มน้ำเข้าและปั้มน้ำออก เป็นระบบที่ทำหน้าที่ปั้มน้ำตัวอย่างปริมาตร 1 ลิตร จากแหล่งน้ำเข้าถึงทดสอบคุณภาพน้ำเป็นเวลา 5 นาที และปล่อยน้ำออกจากถัง ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบด้วย FLCK901 12V Relay, Water Pump, Water Level High (Red), Water Level Low (Black), Water Level Common (Blue)

3) ระบบตรวจสอบคุณภาพน้ำ เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ตรวจสอบคุณภาพของน้ำ โดยการวัดค่าออกซิเจนในน้ำ ความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิของน้ำ ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบด้วย Dissolved Oxygen Sensor, pH Sensor และ DS18B20 Sensor

4) ระบบกักเก็บเติมอากาศในน้ำ เป็นส่วนที่ทำหน้าที่เติมอากาศเพื่อเพิ่มออกซิเจนในแหล่งน้ำ ในกรณีที่ค่าออกซิเจนในน้ำน้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ หน่วยประมวลผลจะส่งคำสั่งให้ปล่อยพลังงานไฟฟ้าจาก Solar Cell Mono 24V 390W ผ่านกล่องควบคุมมอเตอร์ (Brushless Motor) เพื่อสั่งให้ Motor DC หมุน Water Turbine เติมอากาศลงแหล่งน้ำ

5) อุปกรณ์ในส่วนหน่วยประมวลผล (Processing) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ประมวลผลและประสานงานขยายสัญญาณในการรับ-ส่งข้อมูล ตลอดจนทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง อุปกรณ์ที่ใช้ในส่วนนี้ได้แก่ Signal Converter Board, Microcontroller Arduino NodeMCU8266 และ Power Supply ทำหน้าที่ให้พลังงานในการทำงานของอุปกรณ์ โดยจะเชื่อมต่อกับบอร์ด Microcontroller

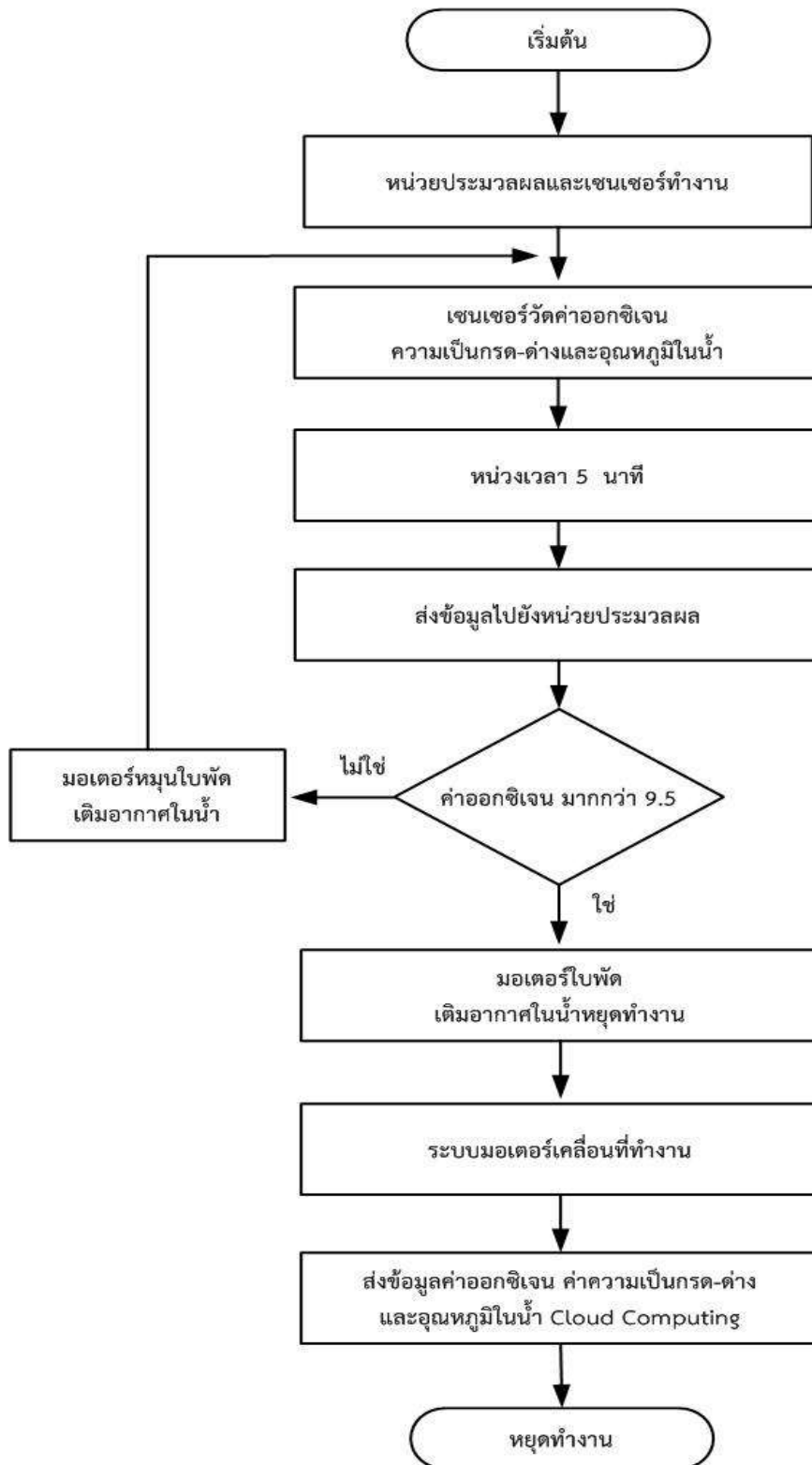
6) อุปกรณ์ในส่วนของผลลัพธ์ (Output) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่รับข้อมูลและส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง อุปกรณ์ในส่วนนี้ได้แก่ LCD I2C Interface Module ทำหน้าที่แสดงผลข้อมูลที่ได้จากการประมวลผล และ อุปกรณ์ WiFi Module ทำหน้าที่รับ-ส่งข้อมูล ไปยังอุปกรณ์ Access Point เพื่อกระจายสัญญาณไปยัง Cloud Computing โดยข้อมูลที่ใช้ได้แก่ ข้อมูลประเภท ลำดับที่ เวลา วัน เดือน ปี ค่าออกซิเจนในน้ำ ความเป็นกรด-ด่างในน้ำ และอุณหภูมิในน้ำ

7) อุปกรณ์ใบพัดทำหน้าที่เคลื่อนที่ของเครื่องเติมอากาศ เมื่อมอเตอร์ของเครื่องหยุดทำงาน หน่วยประมวลผลจะสั่งงาน Brushless Motor หมุนใบพัด (Thruster) เพื่อให้เคลื่อนที่ไปข้างหน้าซ้ายและขวา โดยมี JSN-SR04T, Ultrasonic ทำหน้าที่เป็นเซนเซอร์หลบหลีกสิ่งกีดขวางทางด้านซ้าย ด้านขวา และด้านหน้า ในรัศมี 1 เมตร

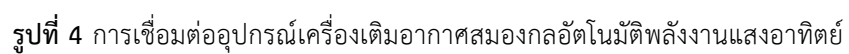
3.2 การออกแบบซอฟต์แวร์และการนำเสนอข้อมูล
เป็นการออกแบบซอฟต์แวร์ให้ควบคุมเซนเซอร์และมอเตอร์สำหรับเติมอากาศลงสู่แหล่งน้ำ โดยควบคุมการประมวลผลรับ-ส่งข้อมูลเวลา วัน เดือน ปี ค่าออกซิเจนในน้ำ ความเป็นกรด-ด่างในน้ำ อุณหภูมิไปเก็บในฐานข้อมูลของ Cloud Computing ผ่านระบบเครือข่ายไร้สาย และประมวลผลค่าออกซิเจนในน้ำเพื่อควบคุมมอเตอร์และสั่งคำสั่งหมุนใบพัดเติมออกซิเจนในน้ำ มีขั้นตอนการทำงานเริ่มจากเซนเซอร์วัดค่าออกซิเจน ค่าความเป็นกรด-ด่างและอุณหภูมิ จากนั้นส่งข้อมูลไปยังหน่วยประมวลผลเพื่อเปรียบเทียบค่าที่วัดได้กับเกณฑ์

(9.5 mg/L.) ถ้าค่าออกซิเจนต่ำกว่าเกณฑ์ มอเตอร์จะเริ่มหมุนใบพัดเพื่อเติมอากาศในน้ำ เซนเซอร์จะวัดค่าออกซิเจนและเปรียบเทียบกับเกณฑ์วนไปจนกระทั่งค่าออกซิเจนเป็นไปตามเกณฑ์ มอเตอร์จะหยุดหมุนใบพัดและเคลื่อนที่ไปตำแหน่งอื่น

หลังจากนั้นระบบจะส่งข้อมูลไปเก็บไว้ที่ฐานข้อมูลบน Cloud Computing (รูปที่ 2) และสามารถแสดงผลข้อมูลในรูปแบบของกราฟ



รูปที่ 2 กระบวนการทำงานของระบบสารสนเทศควบคุมเครื่องเติมอากาศสมองกลอัตโนมัติพลังงานแสงอาทิตย์



รูปที่ 5 เครื่องเติมอากาศสมองกลอัตโนมัติพลังงานแสงอาทิตย์

2. ระบบสารสนเทศที่พัฒนาสามารถวัดปริมาณออกซิเจน ค่าความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิ ณ เวลาต่าง ๆ กัน โดยสามารถแสดงผลในรูปแบบของกราฟได้ (รูปที่ 6) มีการรับส่งข้อมูลและเก็บข้อมูลบนเครือข่าย Cloud Computing ผ่านเครือข่ายไร้สาย นอกจากนี้ระบบสารสนเทศสามารถ

ประมวลผลควบคุมและสั่งการเครื่องเติมอากาศให้เติมอากาศในน้ำได้โดยอัตโนมัติเมื่อปริมาณออกซิเจนในน้ำต่ำกว่าค่าที่กำหนด (9.5 mg/L.) และจะหยุดเติมอากาศเมื่อปริมาณออกซิเจนในน้ำมีค่าเท่ากับหรือสูงกว่าค่าที่กำหนด



รูปที่ 6 กราฟแสดงค่าออกซิเจน (ก) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (ข) และอุณหภูมิ (ค)

3. การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบ

3.1 ผลการทดสอบการทำงานของระบบสารสนเทศควบคุมเครื่องเติมอากาศในห้องปฏิบัติการ โดยการใช้อุปกรณ์เซนเซอร์วัดค่าออกซิเจน ค่าความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิ ในน้ำ จำนวน 3 ครั้ง และเปรียบเทียบค่าที่ได้กับการวัดด้วยอุปกรณ์มาตรฐาน พบว่า อุปกรณ์เซนเซอร์สามารถวัดค่าออกซิเจน ค่าความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิในน้ำได้ถูกต้องตรงกับค่าที่วัดด้วยอุปกรณ์มาตรฐาน

3.2 ผลการวัดค่าออกซิเจน ค่าความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิในน้ำของเครื่องเติมอากาศในแหล่งน้ำธรรมชาติ ที่ความเร็วมอเตอร์ 800 รอบต่อนาที ความเร็ว 1,600 รอบต่อนาที และความเร็ว 2,500 รอบต่อนาที พบว่า

1) ระดับที่ 1 ความเร็ว 800 รอบต่อนาที มีค่าออกซิเจน 2.5-2.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.2-7.4 และค่าอุณหภูมิ 28-30 °C

2)ระดับที่ 2 ความเร็ว 1,600 รอบต่อนาที มีค่าออกซิเจน 3.0-5.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.2-7.4 และค่าอุณหภูมิ 28-33 °C

3)ระดับที่ 3 ความเร็ว 2,500 รอบต่อนาที มีค่าออกซิเจน 4.0-7.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเป็นกรด-ด่าง 6.0-8.5 และค่าอุณหภูมิ 28-33 °C

และจากการรวบรวมข้อมูลค่าออกซิเจน ค่าความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิในน้ำเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องเติมอากาศที่ความเร็วมอเตอร์ 2,500 รอบต่อนาที จำนวน 100 ครั้ง พบว่า ข้อมูลค่าออกซิเจนมีความถูกต้องจำนวน 97 ครั้ง ข้อมูลค่าความเป็นกรด-ด่างมีความถูกต้อง 98 ครั้ง และข้อมูลอุณหภูมิมีความถูกต้อง 100 ครั้ง (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 การทดสอบการวัดค่าออกซิเจน ความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิในน้ำ

ค่าที่วัด	ค่าที่อยู่ในเกณฑ์ (ครั้ง)	ค่า Z ที่คำนวณ	ค่า Z ตาราง
ออกซิเจน	97	2.33	1.645
ความเป็นกรด-ด่าง	98	2.66	
อุณหภูมิ	100	3.33	

จากตารางที่ 1 เมื่อทดสอบสัดส่วนของค่าที่ถูกต้องตามเกณฑ์ที่กำหนดอย่างน้อย 90% ที่ระดับนัยสำคัญ .05 พบว่าระบบสารสนเทศควบคุมเครื่องเติมอากาศสมองกลอัตโนมัติพลังงานแสงอาทิตย์สามารถสั่งการให้เครื่องทำงานและควบคุมให้หยุดทำงานโดยอัตโนมัติและวัดค่าออกซิเจน ($Z=2.33$) ค่าความเป็นกรด-ด่าง ($Z=2.66$) และอุณหภูมิในน้ำ ($Z=3.33$) ได้ถูกต้องตามเกณฑ์มากกว่า 90% ที่ระดับนัยสำคัญ .05

อภิปรายผลการวิจัย

การพัฒนาาระบบสารสนเทศควบคุมเครื่องเติมอากาศสมองกลอัตโนมัติพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นการออกแบบและสร้างเครื่องเติมอากาศ พร้อมทั้งพัฒนาระบบสารสนเทศควบคุมการทำงานของเครื่องเติมอากาศโดยการประยุกต์ใช้ระบบสมองกลฝังตัวในการตรวจวัดปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ตรวจวัดคุณภาพน้ำ ตรวจวัดความเป็นกรด-ด่างและอุณหภูมิในน้ำ ซึ่งสามารถทำงานได้โดยอัตโนมัติ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Somchaiwong, Intayuang, Paoka, & Namaung (2017) ซึ่งออกแบบและสร้างระบบควบคุมความเป็นกรด-ด่าง และออกซิเจนละลายน้ำที่สามารถควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่างในบ่อเลี้ยงปลาแพนซีคาร์ฟให้อยู่ในช่วง 7.0-7.5 และสามารถควบคุมค่าออกซิเจนโดยการเติมอากาศลงในน้ำเพื่อให้ได้ค่าไม่น้อยกว่า 7 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือระบบแจ้งเตือนปริมาณออกซิเจนในน้ำของแม่น้ำที่ใช้เลี้ยงปลากะชัง จะทำให้ผู้ประกอบการเลี้ยงปลาในกระชังสามารถทราบค่าอุณหภูมิได้ผิวน้ำ อุณหภูมิเหนือผิวน้ำ และค่า Dissolved Oxygen, DO และสามารถแก้ปัญหาที่เกิดจากคุณภาพน้ำต่ำไม่เหมาะสมกับการเลี้ยงสัตว์น้ำได้ก่อนที่จะเกิดความเสียหายตามมา (Konglumpun, 2017) ระบบสารสนเทศควบคุมเครื่องเติมอากาศที่พัฒนาขึ้นมีการใช้พลังงานแสงอาทิตย์แทนพลังงานไฟฟ้าในการขับเคลื่อนมอเตอร์ (Musika, Pluem arom, Kosaipat, Kheowree, & Watchanathepin, 2015) และรับ-ส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายไร้สาย (Kaewta, Khantikachenchart, & Thongsan, 2018; Suesuwan, Jittavisuttikul, & Wasuri, 2022) โดยอุปกรณ์เซนเซอร์วัดค่าออกซิเจน ค่าความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิ

ในน้ำสามารถวัดค่าออกซิเจน ค่าความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิในน้ำได้ถูกต้องเมื่อเทียบกับการวัดค่าด้วยอุปกรณ์มาตรฐานเมื่อทดสอบในห้องปฏิบัติการ และเมื่อนำไปทดสอบในแหล่งน้ำธรรมชาติขนาดความกว้าง 6 เมตร ยาว 12 เมตร และลึก 1.5 เมตร ที่มีปริมาณน้ำ 100 ลูกบาศก์เมตร โดยใช้ความเร็วมอเตอร์ 3 ระดับ คือ 800 รอบต่อนาที 1,600 รอบต่อนาที และ 2,500 รอบต่อนาที ระบบสารสนเทศควบคุมเครื่องเติมอากาศสามารถสั่งการให้เครื่องเติมอากาศทำงานและวัดค่าออกซิเจน ค่าความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิในน้ำได้ถูกต้องซึ่งค่าออกซิเจนที่วัดได้ที่มีความเร็ว 2,500 รอบต่อนาที จะเป็นปริมาณออกซิเจนในน้ำที่เหมาะสมสำหรับสิ่งมีชีวิตในน้ำ (Nakhon Nayok Fisheries Provincial Office, 2021) ในขณะที่ความเร็วในการหมุนมอเตอร์ทั้ง 3 ระดับ ไม่ได้ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิในน้ำเปลี่ยนแปลงมากนัก

นอกจากนี้ ระบบสารสนเทศควบคุมเครื่องเติมอากาศสมองกลอัตโนมัติพลังงานแสงอาทิตย์ สามารถวัดค่าออกซิเจนในน้ำได้โดยมีสัดส่วนค่าที่ถูกต้องเป็นไปตามเกณฑ์มากกว่า 90% ที่ระดับนัยสำคัญ .05 สรุปได้ว่า ระบบสารสนเทศเพื่อควบคุมเครื่องเติมอากาศสมองกลอัตโนมัติพลังงานแสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพการทำงานเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในแหล่งน้ำธรรมชาติและบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เนื่องจากการเติมอากาศเป็นการเพิ่มปริมาณออกซิเจนในน้ำทำให้สามารถใช้ประโยชน์จากน้ำนั้นในการอุปโภคและเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (Termkla, Prathaithep, & Khuntong, 2019) และการใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์รวมถึงระบบสมองกลอัตโนมัติ รับ-ส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายไร้สาย ทำให้เครื่องเติมอากาศไม่ต้องใช้แหล่งจ่ายไฟจากภายนอก จึงช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้า เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม รวมถึงช่วยอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งานและช่วยลดแรงงานคนเนื่องจากมีระบบควบคุมการทำงานอัตโนมัติ เช่นเดียวกับ Muangplub, Chaisayun, & Tadsuan (2017) และ Suesuwan, Jittavisuttikul, & Wasuri (2022) ที่มีการประยุกต์ใช้ระบบสมองกลฝังตัวร่วมกับเทคโนโลยี IoT ในการออกแบบและสร้างชุดแจ้งเตือนระดับปริมาณออกซิเจนละลาย

น้ำแบบเวลาจริง ทำให้สามารถควบคุมปริมาณการเติมอากาศแบบเวลาจริงให้มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีค่าเป็นไปตามที่กำหนดไว้ได้อย่างทันทั่วทั้งที่ และการออกแบบและสร้างเครื่องเติมอากาศในน้ำด้วยกังหันพลังงานแสงอาทิตย์และควบคุมการทำงานผ่านโทรศัพท์มือถือของ Intamas, Krainara, Khemwong, & Boonraksa (2022) ทำให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อชุมชนได้โดยตรง สามารถเพิ่มระดับปริมาณออกซิเจนในน้ำ และไม่ต้องใช้แหล่งจ่ายไฟจากภายนอกเมื่อมีการใช้งานเครื่องเติมอากาศ สำหรับเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแล้ว การลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานและแรงงานคนได้จะส่งผลให้ต้นทุนการผลิตลดลงตามไปด้วย

สรุป

การพัฒนาระบบสารสนเทศควบคุมเครื่องเติมอากาศสมองกลอัตโนมัติพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมการรับส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายไร้สาย สามารถสั่งการให้เครื่องทำงานเพื่อเติมออกซิเจนในน้ำและควบคุมให้หยุดทำงานโดยอัตโนมัติ วัดค่าออกซิเจน ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าอุณหภูมิในน้ำ และแสดงผลผ่านจอภาพได้ถูกต้องตามเกณฑ์ที่กำหนด นอกจากนี้ระบบยังสามารถส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายไร้สายเพื่อเก็บข้อมูลบน Cloud Computing ทำให้เกษตรกรสามารถนำไปใช้บำบัดน้ำเสียสำหรับการเลี้ยงสัตว์น้ำในพื้นที่ห่างไกลจากที่ที่ไม่มีไฟฟ้าและสามารถลดภาระค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของเกษตรกรในระยะยาวได้

ข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยครั้งต่อไปควรออกแบบให้เครื่องเติมอากาศสมองกลอัตโนมัติสามารถเก็บพลังงานจากโซลาร์เซลล์ไว้ในแบตเตอรี่ เพื่อให้เครื่องสามารถทำงานได้ในตอนกลางคืนโดยไม่ต้องใช้ไฟฟ้า เนื่องจากกลางคืนปริมาณออกซิเจนในน้ำมีน้อยกว่าตอนกลางวัน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากวิทยาลัยเทคโนโลยีภาคใต้ ประจำปี 2564

References

Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammedi, M., Aledhari, M., & Ayyash, M. (2015). Internet of things: a survey on enabling technologies, protocols, and applications. *IEEE COMMUNICATION SURVEYS & TUTORIALS*, 17(4), 2347-2376.

- Eamsiriwong, O. (2007). *Systems Analysis and Design*. Bangkok: SE-Education. [in Thai]
- Intamas, P., Krainara, A., Khemwong, T., & Boonraksa, P. (2022). Performance testing of solar turbine aerators controlled via mobile phone. *Rattanakosin Journal of Science and Technology*, 4(1), 43-53. [in Thai]
- Kaewsuan, T., & Sudsomboon, W. (2015). *Design and develop for constructing the turbine aeration with solar energy. The 5th PKRU Conference* (pp. 1497-1502). Phuket: Phuket Rajabhat University. [in Thai]
- Kaewta, C., Khantikachenchart, C., & Thongsan, Y. (2018). The Development of embedded systems for automatic water quality measurement via online networking. *Journal of Science and Technology, Ubon Ratchathani University*, 25(1), 73-89. [in Thai]
- Konglumpun, S. (2017). The dissolved oxygen alert machine in fish cages. *The 9th Conference on Application Research and Development* (pp. 109-112). Loei Thailand: Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications, and Information Technology Association. [in Thai]
- Muangplub, T., Chaisayun, I., & Tadsuan, S. (2017). The design and development of dissolved oxygen alarming instrument. *SAU Journal of Science and Technology*, 3(2), 41-52. [in Thai]
- Musika, T., Pluem-arom, K., Kosaipat, P., Kheowree, T., & Watchanathepin, N. (2015). 3-Buoy water mill machine driven by the photovoltaic energy system. *The 8th Thailand Renewable Energy for Community Conference* (pp. 160-163). Pathum Thani Thailand: Rajamangala University of Technology Thanyaburi. [in Thai]
- Nakhon Nayok Fisheries Provincial Office. (2021). *What is Dissolved Oxygen in Water? Why is it Necessary to Measure Dissolved Oxygen in Water?* Retrieved 4 28, 2023, from https://www4.fisheries.go.th/local/index.php/main/view_activities/16/116613. [in Thai]

- Office of The National Broadcasting and Telecommunication Commission. (2017). *Internet of Things Technology and Thailand 4.0 Policy*. Retrieved 07 28, 2023, from <https://www.nbtc.go.th/Services/quarter2560/ปี-2560/ไตรมาส-3-ปี-2560.aspx> [in Thai]
- Somchaiwong, N., Intayuang, T., Paoka, A., & Namaung, I. (2017). Design and building pH and dissolved oxygen control systems in fancy carp pond. *Kasalongkham Research Journal Chiangrai Rajabhat University*, 11(3), 327-341. [in Thai]
- Sonsanam, T., Phoosomma, P., Nisapakul, P., & Intarachai, C. (2022). The aerator water for treatment using solar cell energy. *Journal of Science Engineering and Technology Rajabhat Maha Sarakham University*, 1(3), 57-66. [in Thai]
- Suesuwan, W., Jittavisuttikul, P., & Wasuri, B. (2022). Development of a networked real-time water quality monitoring module. *ECTI Transaction on Application Research and Development*, 2(2), 7-13. [in Thai]
- Termkla, R., Prathaithep, W. B., & Khuntong, T. (2019). Determination effectiveness of solar energy aerator. *Industrial Technology Journal Surindra Rajabhat University*, 4(3), 1-8. [in Thai]